

## **BALANCE ENERGÉTICO DESDE EL ACUMULADOR, EN DOS DESTILADORES SOLARES, UNO SIN Y OTRO CON APOORTE DE ENERGÍA DESDE COLECTORES SOLARES PLANOS**

**A. Fasulo<sup>1,2</sup>, L. Odicino<sup>1</sup>, J. Adaro<sup>2</sup>, J. Marchesi<sup>2</sup>**

1. Laboratorio de Energía Solar, Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera, 5700 – San Luis

Tel. 02652-423789 – int. 103 - e-mail: afasulo@unsl.edu.ar; odicino@unsl.edu.ar

2. Grupo de Energía Solar, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, 5800 Río Cuarto

Tel. 0358 – 4676488; e-mail: aadaro@ing.unrc.edu.ar, jmarchesi@ing.unarc.edu.ar

**RESUMEN:** El análisis del comportamiento de un destilador solar con acumulador es abordado desde el punto de vista del aporte energético que el dispositivo recibe y sus pérdidas térmicas. Este se efectúa a partir del seguimiento de la evolución térmica del agua contenida en la batea y acumulador del destilador. El conocimiento de las temperaturas, por sectores, de la masa de agua, permite conocer la energía perdida por conducción y por evaporación y aplicar un método muy simplificado de evaluación. Uno de los dispositivos trabaja con dos colectores solares planos, el otro es similar, se experimenta simultáneamente con el anterior y sin colectores. El método de input – output es aplicado para uno de los destiladores. Los resultados muestran que la incorporación del acumulador permite obtener una elevada eficiencia para el proceso de transformación de la energía solar en térmica. Los resultados se presentan mediante tablas y gráficos.

**Palabras clave:** Destilación solar. Acumulación de calor. Colectores solares planos. Pérdidas térmicas.

### **INTRODUCCIÓN**

En la región centro oeste del país, en particular para San Luis (33° S) la producción de los destiladores solares simple batea es en el periodo invernal, con 9 MJ/m<sup>2</sup> de radiación solar global horizontal, media diaria, de 0.5 a 1 litro por día y por metro cuadrado. En el periodo estival, con unos 28 MJ/m<sup>2</sup> en promedio por día, esta va de 4 a 6 litros. Estos valores marcan parte de las limitaciones que existen para el uso masivo de este dispositivo para la solución de los numerosos problemas de potabilización de agua salobres existente en la región. Una planta mediana de potabilización de aguas salobres requiere extensas superficies que implican costos elevados para su construcción y mas aún para su mantenimiento, requieren limpieza periódica, no menos de dos veces por año. Lo que hace que su mantenimiento sea costoso, lo suficiente como para que resulte mas rentable el uso de otros sistemas de potabilización o directamente el transporte del líquido desde zonas alejadas. La historia registra numerosos intentos de instalaciones de pequeñas plantas potabilizadoras basadas en el uso de destiladores solares, las cuales no han logrado perdurar en el tiempo, perdiéndose la inversión y lo que resulta mas perjudicial la confianza en el uso de la energía alternativa puesta en juego. Nuestra propia experiencia nos muestra sobre el trabajo y fundamentalmente la constancia que requiere mantener en producción una pequeña planta de destilación solar. En el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad construimos y mantenemos en funcionamiento, desde hace cinco años, una pequeña planta de destilación solar. Está constituida por: 16 m<sup>2</sup> de destiladores solares livianos y 8 m<sup>2</sup> con bateas de cemento, para producir unos 30.000 litros de destilado por año, que es destinada a cubrir las necesidades de parte de los laboratorios de química de la Universidad, Fasulo et al (2006). Los destiladores de cemento llevan más de 20 años en funcionamiento, habiendo superado periodos extensos de abandono sin sufrir deterioro. Por otra parte los destiladores livianos, con costos de instalación substancialmente menores, nos han mostrado que los gastos de mantenimiento son substancialmente mayores, no pasa una quincena en que no tengamos que intervenir, para sortear alguno de los problemas que periódicamente presentan, lo cual nos hace prever su destrucción tras un breve periodo de falta de asistencia, particularmente por la acción del viento.

Es conocido que la producción de un destilador solar está principalmente en función de la temperatura del agua en la batea. Se han determinado las relaciones funcionales entre la producción, tanto horaria como diaria, con la temperatura, T, del agua de la batea y la relación entre la temperatura de esta y la energía suministrada. De Paul (2001) obtuvo:

$$\text{Producción horaria} = 24,530 \times 10^{-6} \exp(0,053T) \text{ en m}^3/\text{hr} \quad (1)$$

$$\text{Producción diaria} = 609,28 \times 10^{-6} \exp(0,05T) \text{ en m}^3/\text{hr} \quad (2)$$

Resultados alcanzados, operando un destilador tipo batea, con calentamiento eléctrico en el interior de esta, y cubiertas de vidrio tipo a dos aguas, simétrico con alta pendiente y en condiciones estacionarias. Las condiciones estacionarias le permiten obtener resultados con elevada aproximación ( $R^2=0.99$  para la función de interpolación), el informe incluye que las condiciones estacionarias, para este destilador, las obtienen luego de no menos de 10 horas de operación manteniendo estables todas las variables ambientales.

Lejos de estas condiciones estacionarias, imposibles de obtener con destiladores solares operando en el ambiente natural, hemos obtenido contundente evidencia de los beneficios que implica la introducción de energía a la batea del destilador.

Logramos pasar de una producción diaria de 1 litro/día, operando con energía solar y en periodo invernal, a mas de 50 litros/día incorporando energía al acumulador de la batea, de un destilador solar de 1 m<sup>2</sup> de superficie con cubierta vidriada asimétrica y pendiente alta, Fasulo et al ( 2004).

Experiencias con destiladores solares asistidos mediante colectores solares planos han sido efectuadas recientemente en Grecia, Solar & Others Energy System Laboratory, Voropoulos et al (2001). En esta experiencia se ponen en funcionamiento un campo de 24 colectores solares acoplados a un destilador solar con acumulador con un volumen en relación a la superficie de colectores de 91 l/m<sup>2</sup>. Voropoulos et al muestran las ventajas que se obtiene al incorporar un acumulador al destilador solar, logrando duplicar la producción, con un incremento importante en la producción nocturna.

El seguimiento y predicción de la producción de un destilador solar con acumulador y aporte de energía es relativamente sencillo a partir del método de Entrada- Salida desarrollado por Belessiotis et al (1995) y ampliado por Mathioulakis et al (2003). Este consiste en considerar al sistema completo, haciendo el balance de la energía que entra y la que sale. De forma que la masa de agua destilada  $M_d$  está relacionada linealmente con la energía total que incide sobre el dispositivo,  $E_{(total)}$ , la diferencia entre la temperatura del acumulador  $T_w$  y de esta con la temperatura ambiente,  $T_a$ , (pérdidas desde el sistema).

$$M_d = f_1 E_{(total)} + f_2 (T_w - T_a) + f_3 \quad (3)$$

Donde:  $f_1$ ,  $f_2$  y  $f_3$  son constantes que dependen del sistema y las condiciones ambientales. El autor emplea los siguientes valores para los coeficientes:  $f_1 = 0.96$ ;  $f_2 = 1.58$  y  $f_3 = -14.08$  con resultados satisfactorios, error % del 0.8 para destiladores simple batea (sin acumulador), indicando que para destiladores con acumuladores se debe tener en cuenta la temperatura de los vidrios del destilador.

En el país se han iniciado recientemente experiencias para incrementar la producción mediante el acoplamiento de colectores solares a destiladores solares con acumulador (Marchesi et al 2007, 2008). El uso de colectores solares acumuladores acoplados a destiladores solares fue introducida por primera vez por Esteban et al (2004, 2007). En ambos casos lo que se busca es aportar energía a la batea del destilador. Los primeros resultados muestran que con el acoplamiento de 4m<sup>2</sup> de colectores planos comunes se logra triplicar la producción de un destilador simple batea.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

Los sistemas experimentados consisten en: 1) Un destilador solar con acumulador que denominaremos D1. 2) Un destilador solar con acumulador, de iguales características, al que se le acoplan dos colectores solares de placa plana de 2,5 m<sup>2</sup> cada uno y que denominaremos D2. Los destiladores solares con acumulador están constituidos por una batea rectangular de 1m<sup>2</sup> de superficie: 1,20m por 0,80m y 0,08m de altura en sus bordes. La batea posee una perforación circular, en su centro de 0,78m de diámetro, por la cual se suelda un cilindro de 1m de largo. Se conforma así la batea con acumulador, el material empleado es acero inoxidable austenítico 304. Su capacidad, con 2 cm por encima de la superficie plana es de aproximadamente 0.5m<sup>3</sup>. La batea con acumulador es recubierta por sus laterales con 0,1m de aislantes (poliestireno expandido). La base es apoyada sobre dos listones de madera de 0,05m de espesor y el espacio intermedio se llega con poliestireno expandido. El material aislante (laterales y base) se protege del medio ambiente con una cubierta de chapa galvanizada de 0,004m de espesor. Los colectores solares (de formato apaisado) están construidos con receptor de acero inoxidable, recubiertos con pintura negra mate y doble cubierta semitransparente. Los colectores poseen eficiencias medias de 49%, Fasulo et al (2002), evaluadas conforme las normas establecidas al efecto, Duffie and Beckman (1991). En la figura 1 se puede apreciar una imagen de ambos destiladores.

Ambos destiladores, D1 y D2, son operados simultáneamente determinando varias veces al día para cada uno: a) producción de agua destilada, b) temperatura sobre la placa de vidrio y c) temperaturas en el interior de la batea. De estas varias determinaciones diarias, dos son sistemáticas, una por la mañana antes de que salga el sol y la otra por la tarde inmediatamente después de la puesta del sol. Las temperaturas sobre la placa de vidrio, como la ubicadas en el interior de la batea, son obtenidas mediante termocuplas de cobre-constantan, ubicadas a lo largo de la línea central del acumulador, separadas unos 24 cm, a partir de la cubierta de plástico perforada, que separa la batea de su acumulador.

La radiación solar global horizontal, así como las variables atmosféricas son obtenidas desde la estación meteorológica, que opera el Laboratorio de Energía Solar de la UNSL, con una frecuencia de datos cada cinco minutos, (<http://www.unsl.edu.ar/solar>). Por otra parte obtenemos la radiación normal directa, con igual frecuencia. Desde ambas se deduce la radiación solar difusa y con estas la radiación en todo plano, en este caso en el plano con normal a 45° norte, para determinar la  $I(45^\circ)$  (MJ/m<sup>2</sup>) que incide sobre los colectores solares planos que esta conectados al acumulador del D2.



Figura 1 Destilador solar acumulador D1 y destilador solar acumulador asistido térmicamente con 5 m<sup>2</sup> de colectores solares planos, D2.

## EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

Las experiencias fueron iniciadas a principios de julio y continuadas hasta el mes de agosto. En las figuras 2 y 3 podemos ver los resultados de las principales variables: Figura 2 Producción de ambos equipos en kg. de agua destilada por día y la radiación solar global horizontal. Vemos que D1 tiene una producción con muy pequeñas variaciones, en torno de un kg. por día, que esta no es mayormente afectada por las variaciones diarias de la radiación solar, se impone en este caso la inercia térmica de la masa de agua del destilador. La producción no solo depende de la radiación solar del día, sino que también depende por lo menos de la del día anterior, Esteban (2005). Por otra parte vemos que el D2 posee una producción fuertemente oscilante entre 5 y 7 kg por día y siguiendo las fluctuaciones diarias de la radiación solar. La producción es fuertemente dependiente de los colectores solares y estos mantienen en circulación el agua del acumulador. No obstante durante los periodos nocturnos esta se mantiene estratificada y la energía térmica acumulada mantiene la producción del equipo, como veremos más adelante.

En la figura 3 vemos las eficiencias diarias de cada uno de los equipos y  $H$  (MJ/m<sup>2</sup>), como referencia. Vemos que D2 posee menor eficiencia que D1. Es decir que el acoplamiento de colectores solares a un destilador solar con acumulador si bien incrementa la producción entre cinco y siete veces lo hace operando con una eficiencia menor que la del destilador acumulador solo.

En la tabla 1 vemos los valores de las variables más importantes de ambos dispositivos. Se observa que para el día de mayor radiación solar, el 24 de julio con  $H = 11,9$  MJ/m<sup>2</sup>, la radiación total incidente sobre D2 es de  $HT = 111,4$  MJ. La cual es el resultante de sumar las componentes que inciden sobre la batea del destilador y sobre los colectores solares, esto es D2 recibe unas 10 veces más radiación solar que D1, coincidente con lo observado en la figura 3:

$$HT = H + 5 H(45^\circ). \quad (3)$$

Donde  $H(45^\circ)$  es:

$$H(45^\circ) = \sum_h (I_{n,h} \cos(\theta_{z,h} - 45) + 0,75 I_{d,h}) \quad (4)$$

$\sum_h$  es la suma sobre todas las horas del día con radiación solar,  $I_{n,h}$  es la radiación solar normal directa (MJ/m<sup>2</sup>) a la hora  $h$ ,  $\theta_{z,h}$  es el ángulo zenital de la hora  $h$  e  $I_{d,h}$  la radiación solar difusa de la hora  $h$  (MJ/m<sup>2</sup>).

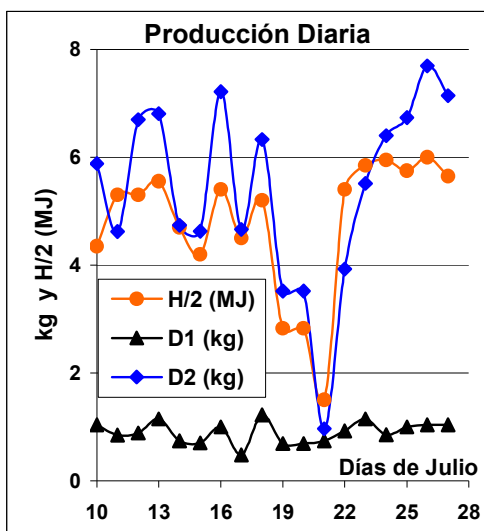


Figura 2 Producción diaria, destilado en kg y H/2 (MJ/m<sup>2</sup>)

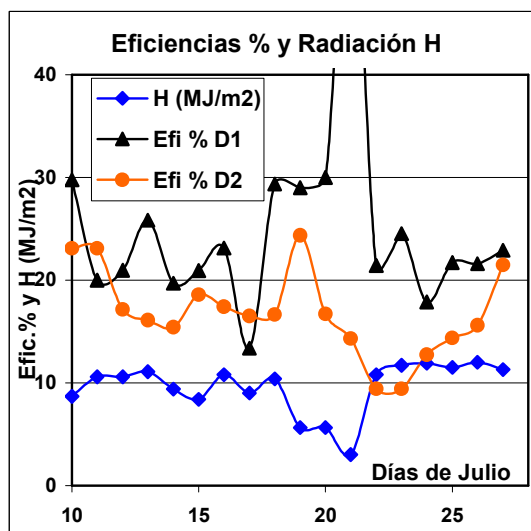


Figura 3 Eficiencia diaria para la destilación de ambos dispositivos y H (MJ/m<sup>2</sup>)

Tabla 1 Valores de los principales datos colectados en la primera parte de las experiencias con los destiladores solares D1 y D2.

Fecha	Ambiente		D 1 (batea acumulador)				D 2 (Idem D1+ 5m <sup>2</sup> col. )			
Julio	H(MJ/m <sup>2</sup> )	r <Tad>(°C)	<Tv>(°C)	Twd(°C)	m (kg)	Efic%	HT(MJ)	Twd(°C)	m(kg)	Efic%
10	8,7	6	10,8	13	1,04	29,8	63,7	29,8	5,9	23,1
11	10,6	10	18,7	12,7	0,85	20,0	85	36,3	4,6	23,1
12	10,6	10	10,3	13,2	0,89	20,9	97,6	36,3	6,7	17,2
13	11,1	5	8,1	13	1,15	25,8	105,7	36,4	6,8	16,1
14	9,4	10	10,1	12,1	0,74	19,7	76,9	33,6	4,7	15,4
15	8,4	9	4,3	12,8	0,70	20,9	62,2	33,5	4,6	18,6
16	10,8	10	12,2	13,3	1,00	23,1	103,7	37,1	7,2	17,4
17	9	11	13,1	13,8	0,48	13,4	72,1	34,2	4,7	16,5
18	10,4	13	14,4	14,7	1,22	29,4	95	37,8	6,3	16,7
19	5,7	12	8,0	13	0,69	29,0	36,1	33	3,5	24,3
20	5,7	9	8,0	13	0,69	30,0	36,1	32	3,5	16,7
21	3	4	6,8	13,4	0,74	61,7	16,8	19,5	1,0	14,3
22	10,8	1	2,8	10,9	0,93	21,4	104	26,2	3,9	9,4
23	11,7	3	4,5	9,7	1,15	24,5	108,4	32,1	5,5	9,4
24	11,9	8	11,4	10,5	0,85	17,9	111,4	36,4	6,4	12,7
25	11,5	8	10	11,3	1,00	21,7	107,9	37,2	6,7	14,4
26	12	9	10,4	12,5	1,04	21,6	89,6	38,5	7,7	15,6
27	11,3	11	11,6	13,5	1,04	22,9	105,4	39,7	7,1	21,5
<b>Media</b>	<b>9,6</b>	<b>8,3</b>	<b>9,8</b>	<b>12,6</b>	<b>0,9</b>	<b>25,2</b>	<b>82,1</b>	<b>33,9</b>	<b>5,4</b>	<b>16,8</b>

Donde: H (MJ/m<sup>2</sup>) es la radiación solar global horizontal, <Tad>, <Tv> y <Tw> son las temperaturas medias diarias del ambiente, del vidrio del condensador y del agua en la batea y acumulador, en °C., m la masa de destilado en kg. Efic %, la eficiencia porcentual del dispositivo para producir agua destilada, definida por : Efic. % = ((Cee m)/ ET)\*100, donde Cee es el calor específico de evaporación 2,5 MJ/kg y ET la energía solar total incidente sobre el sistema, H (MJ) para D1 y para D2 (H + 5H(45°)) en (MJ).

En esta etapa intentamos ajustar los datos obtenidos mediante la fórmula propuesta por Mathioulakis et al (2003), sin resultados satisfactorios el mejor ajuste logrado, cambiando valores de las f<sub>1,2,3</sub>, se consigue un ajuste aproximado con los

valores medios de la experiencia con D1, sin embargo, cuando este se aplica a los resultados diarios, surgen fuertes diferencias. Lo mismo sucede empleando  $T_v$  en lugar de  $T_a$ . Esto nos indica que esta aplicación requiere un análisis mas profundo.

## LA DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN LAS BATEAS

En las figuras 4 y 5 vemos la evolución de las temperaturas, ambiente  $T_a$  °C, de los vidrios  $T_v$  °C y del agua en las bateas- acumulador  $T_1$  a  $T_4$  °C de ambos destiladores tomadas para tres días de características ambientales similares, 12, 13 y 14 de julio. En primer término observamos que la temperatura del vidrio en D1 para los días 12 y 14 supera en las primeras horas a la temperatura del agua en extremo superior del acumulador, lo que implica un corte de la convección y consecuentemente del proceso de destilación. En segundo término podemos ver que el agua contenida se mantiene en todo tiempo estratificada, que el sector superior es el que mas varía durante todo el tiempo.

En la figura 5 vemos que todo el tiempo las temperaturas del agua del acumulador,  $T_1$  a  $T_4$  permanecen en valores muy superiores a la temperatura del vidrio,  $T_v$ . Durante las horas del día no hay estratificación, dado que los colectores mantienen en circulación toda el agua del acumulador.

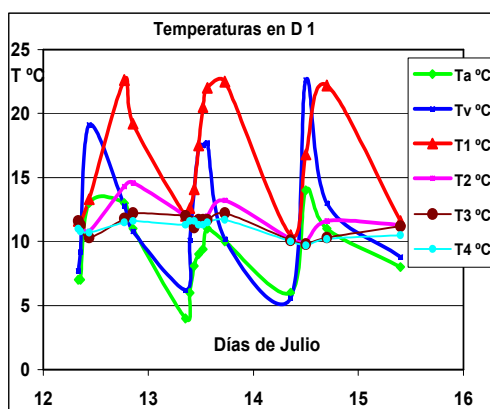


Figura 4 Evolución de las temperaturas ambiente, vidrio y agua en la batea del destilador D1

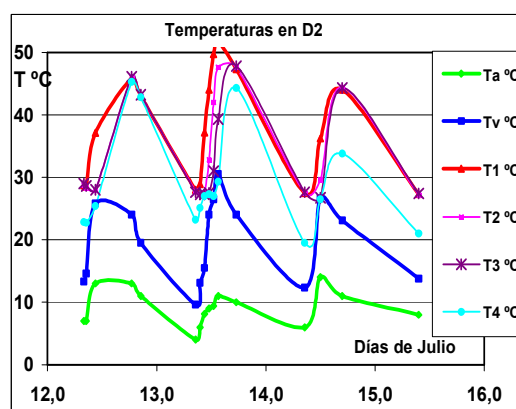


Figura 5 Evolución de las temperaturas ambiente, vidrio y agua en la batea del destilador D1

## BALANCE ENERGÉTICO

Para tener un conocimiento mas aproximado del comportamiento de los dispositivos encaramos un balance energético a partir de las temperaturas internas del acumulador y de la producción de destilado. Para ello emplearemos la relación:

$$Fe * E(Tot.) = (Cee) * (m) + (Ce) * (M) * (\Delta Tw) + P \quad (4)$$

Donde  $Fe$  es un factor de eficiencia global que toma en cuenta cuanto de la energía incidente sobre los dispositivos se transforma en calor en el acumulador y destilado.  $Cee$  es el coeficiente de evaporación del agua, 2,5 MJ/kg.  $Ce$  es el calor específico del agua 4,19 KJ/kg °C,  $m$  la masa en kg de agua destilada,  $M$  es la masa de agua contenida en el destilador acumulador, 500 kg.  $\Delta Tw$  es la diferencia de la temperatura media del acumulador entre el final e inicio de cada periodo de evaluación. Se toman tres periodos para la evaluación de cada día: Diurno que cubre las horas de sol del día, nocturno que cubre las horas que van desde la puesta del sol a la salida de este al día siguiente y el periodo diario que contiene a los dos anteriores. Como no conocemos las pérdidas térmicas de los destiladores, las cuales no solo dependen de las diferencias de temperaturas entre  $\langle Tw \rangle$  y  $\langle Ta \rangle$  durante cada uno de los periodos, sino que también depende de otros factores, como la velocidad del viento, tomamos el factor  $Fe$  como variable de ajuste, eligiendo el valor mínimo que evite valores de  $P$  negativos. De resultado de estas cuentas se tomó  $Fe(D1) = 0.8$  y  $Fe(D2) = 0.5$ . En la tabla 2 se puede ver los resultados numéricos de esta evaluación obtenidos para tres días del periodo experimentado. Se trato de buscar tres días consecutivos en los cuales las condiciones ambientales permanezcan estables, teniendo en cuenta que es este un periodo de vientos y fuertes cambios térmicos, seleccionamos los días 12, 13 y 14, no obstante estos cuidados el tercer día presentó una baja en la radiación solar con respecto al anterior, con 1,7 MJ menos para D1 y que para el D2 significó una disminución de 31 MJ. Esto tiene como consecuencias  $P$  negativas para el periodo diurno del día 14, como se ve en la tabla 2. Este valor negativo es consecuencia de que en este balance térmico no hemos tomado en cuenta que la producción es afectada por la radiación solar del día anterior.

Tabla 2 datos de los días 12 a 14 de julio con los elementos para el balance energético en los destiladores D1 y D2

Día / Unidad	Periodo Frac. del día	Destilador 1				Destilador 2			
		H MJ	m kg	$\Delta T_w$ ° C	P MJ	H(Tot) MJ	m kg	$\Delta T_w$ ° C	P MJ
12	12,3 a 12,8	10,6	0,5	3,4	0,1	105,7	3,6	18,5	5,1
	12,8 a 13,3	0	0,4	-3,05	5,4	0	3,1	-19,2	32,5
	12,3 a 13,3	10,6	0,9	0,6	5,0	105,7	6,7	-0,4	36,9
13	13,4 a 13,7	11,1	0,5	3,08	1,2	103,7	3,6	20,1	0,7
	13,7 a 14,3	0	0,4	-4,7	8,8	0	3,1	-21,2	36,7
	13,4 a 14,3	11,1	0,9	-1,6	10,0	103,7	7,2	-1,1	36,2
14	14,3 a 14,7	9,4	0,55	3,38	-0,9	72,2	2,18	16,1	-3,1
	14,7 a 15,3	0	0,45	-2,43	4,0	0	2,55	-15,9	26,9
	14,3 a 15,3	9,4	1	0,95	3,0	72,2	4,74	0,2	23,8

## DISCUSIÓN

La determinación de la eficiencia para la operación combinada de destilador y acumulador de calor resulta, en el dispositivo D1 llamativamente elevada, 80 %, no observada hasta ahora en los mas eficientes dispositivos para calentar agua, los llamados calefones solares. Por otra parte en D2 la eficiencia es del 50%, superior a la eficiencia instantánea de los colectores solares acoplados, mediante largos conductos que sin dudas introducen pérdidas. Esto nos indica que es el destilador acumulador es el que contribuye a estos valores. Teniendo en cuenta que estos mismos dispositivos evaluados con anterioridad como destiladores están en alrededor de un 30 % de eficiencia, debemos concluir que la operación combinada destilación y acumulación de calor es mas eficiente que cualquiera de las dos componentes tomadas por separado.

Otra cuestión que nos queda pendiente es la relación del incremento de la producción con la incorporación de los colectores solares planos, 5 a 7 veces la del destilador acumulador solo. Por otra parte debe llamar la atención que, tal como lo mencionamos en la introducción Voropoulos et al (2001) con la incorporación de 24 colectores solares planos solo logra duplicar la producción. La cuestión está en que Voropoulos trabaja con agua de mar y en consecuencia, para evitar la corrosión, los colectores solares operan en circuito cerrado con agua destilada en su interior, reduciendo fuertemente la eficiencia del dispositivo. Este trabajo sirve para poner en evidencia la diferencia entre operar en circuito directo con operar mediante intercambiadores. De manera que el desafío es ahora buscar materiales para construir colectores que no sean afectados por la corrosión, que como se ve la recompensa es alta.

## CONCLUSIONES

El balance térmico efectuado en el acumulador de un destilador solar con acumulador muestra que la eficiencia combinada del proceso de destilación y acumulación de calor es alta: 80 % para D1 y 50 % para D2. Esta es consecuentemente superior a cualquiera de los dispositivos operados para producir solo uno de los dos efectos.

El acoplamiento directo colectores solares a un destilador acumulador, D2, permite incrementar la producción de destilado con respecto a un destilador solar acumulador similar, D1. Este incremento es de cinco a siete veces para cinco m<sup>2</sup> de colectores solares planos.

La eficiencia del D2 resulta inferior a la del D1 siempre.

La temperatura del vidrio en D1 supera en algunos casos a la temperatura del agua del destilador, suprimiendo en consecuencia la convección en su atmósfera, en D2 la temperatura del agua esta siempre muy por encima de la del vidrio

## REFERENCIAS

- Belessiotis V., Volropoulos K. and Delyannis E. (1995); Experimental and theoretical methods for the determination of the daily output of a solar still: Input-output metod; Desalination; Vol. 100, pp. 99 – 104.
- De Paul I. (2001); Comparación del comportamiento térmico y producción de destiladores con distinta pendiente en las cubiertas en estado estacionario; AVERMA Vol. 5, pp. 03.1 a 03.6
- De Paul I. (2001); Comportamiento de un destilador tipo batea con pendiente alta en las cubiertas; AVERMA, Vol. 5, pp. 03.7 a 03.12
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. (2004); Construcción and performance of solar distiller; Desalination, Vol. 173, pp. 249 to 255.
- Esteban C. (2005); Destilador solar asistido con colector solar acumulador; Tesis de Maestría; U.N.Sa.
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A.; (2007); Diseño y evaluación de un destilador solar asistido térmicamente por un colector solar acumulador; ERMA; Vol 20, pp. 37 a 44.
- Fasulo A., Follari J., Adaro J., Marchesi J., Odicino L. y Monasterollo R.; (2004); Planta experimental de destilación solar-eléctrica; Avances en Energías Renovables y medio Ambiente. Vol.8
- Fasulo A. and Follari J. (2002); Efficiency and temperature distribution in flat plate collectors; World Renewable Energy Congress 29/06 to 05/07 2002, Cologne, Germany.
- Fasulo A., Esteban C., Odicino L. y Follari J. (2006); Pequeña planta de destilación solar; Avances en Energías Renovables y medio Ambiente. Vol 10.
- Marchesi J., Ducculi E., Adaro J. y Fasulo A. (2008); Comparación del rendimiento de un destilador básico respecto de un destilador asistido térmicamente; AVERMA Vol.12.

Mathioulakis E. and Belessiotis V. (2003); Integration of a solar still in a multisource, multi-use environment; Solar Energy, Vol. 75, pp. 403 – 411.  
Duffie J.A. and Beckman W.A. (1991) Energy Thermal Processes, John Wiley.  
Voropoulos K., Mathioulakis E. and Belessiotis V. (2001); Experimental investigation of a solar still coupled with solar collectors; Desalination; Vol. 138, pp. 103 – 110.

**ABSTRACT.** The behaviour analysis of a solar still with storage is studied from the point of view of the energy input received by the prototype and its heat losses. This analysis is performed from the tracking of the thermal evolution of the water contained in the basin and storage element of the still. The knowledge of the temperatures in different sectors of the water mass, allowed to calculate the losses of energy by conduction and evaporation, and to apply a very simplified evaluation method. A device works with two flat plate solar collectors. The other device is similar, it is experienced simultaneously with the foregoing, and without collectors. The input-output method is applied for one of the solar stills. The results showed that the incorporation of the accumulator allows for high efficiency for the transformation of solar energy in thermal energy. The measured data and calculations are presented by means of tables and figures.

**Keywords:** Solar distillation. Heat storage. Flat plate solar collectors. Heat losses